

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

HIPOVITAMINOSIS D Y SÍNDROME METABÓLICO: UN VÍNCULO MEDIADO POR INFLAMACIÓN Y DISFUNCIÓN ENDOCRINA

**HYPOVITAMINOSIS D AND METABOLIC SYNDROME: A
LINK MEDIATED BY INFLAMMATION AND ENDOCRINE
DYSFUNCTION**

Amada José Ruilova Núñez
Universidad Técnica de Machala

Stefanie Pauleth Ruilova Torres
Universidad Técnica de Machala

Marcelo Isaías López Bravo
Universidad Técnica de Machala

Hipovitaminosis D y síndrome metabólico: un vínculo mediado por inflamación y disfunción endocrina

Amada José Ruilova Núñez¹

aruilova3@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-6748-9125>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Stefanie Pauleth Ruilova Torres

sruilova2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-2003-2612>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Marcelo Isaías López Bravo

mlopez@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4973-3494>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

RESUMEN

La deficiencia de vitamina D ha pasado de considerarse un problema limitado al metabolismo óseo a convertirse en un factor clave en la fisiopatología de múltiples enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). En la actualidad, se asocia con enfermedades inmunológicas, endocrinas y metabólicas que aumentan el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión y, lo que es más importante, síndrome metabólico (SM). La obesidad central, la resistencia a la insulina, la dislipidemia y la hipertensión, enfermedades que aumentan el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y muerte prematura, son características de este último. Si bien entre el 30 % y el 45 % de los adultos en Ecuador cumplen los criterios para el síndrome metabólico, la prevalencia de la hipovitaminosis D oscila entre el 60 % y el 78 %, a pesar de la abundante exposición solar del país. Estos resultados implican que el control de la vitamina D se ve más afectado por factores conductuales, como un estilo de vida sedentario, una alimentación deficiente y una urbanización creciente, que por la exposición solar. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones nacionales se centran en la prevalencia, ignorando los mecanismos inflamatorios y endocrinos que podrían explicar la conexión entre ambos trastornos. A través de mediadores como la IL-6 y el TNF- α , se ha demostrado que la deficiencia de vitamina D favorece la resistencia a la insulina y las condiciones proinflamatorias de bajo grado. La función endocrina del tejido adiposo se ve aún más reforzada por este cambio fisiopatológico, que alimenta el círculo vicioso de inflamación, disfunción metabólica y obesidad abdominal. Dado que permite descubrir métodos preventivos y terapéuticos relevantes para la salud pública en Ecuador y América Latina, examinar la relación entre la vitamina D y el SM es una prioridad en este contexto.

Palabras clave: Vitamina D, síndrome metabólico, suplementación, hipovitaminosis D

¹ Autor principal.

Correspondencia: aruilova3@utmachala.edu.ec

Hypovitaminosis D and metabolic syndrome: a link mediated by inflammation and endocrine dysfunction

ABSTRACT

Vitamin D deficiency has gone from being considered a problem limited to bone metabolism to becoming a key factor in the pathophysiology of multiple chronic noncommunicable diseases (CNCDs). It is now associated with immunological, endocrine, and metabolic diseases that increase the risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, hypertension, and, most importantly, metabolic syndrome (MS). Central obesity, insulin resistance, dyslipidemia, and hypertension, diseases that increase the risk of cardiovascular disease and premature death, are characteristic of the latter. Although between 30% and 45% of adults in Ecuador meet the criteria for metabolic syndrome, the prevalence of hypovitaminosis D ranges from 60% to 78%, despite the country's abundant sun exposure. These results imply that vitamin D control is more affected by behavioral factors, such as a sedentary lifestyle, poor diet, and increasing urbanization, than by sun exposure. However, most national research focuses on prevalence, ignoring the inflammatory and endocrine mechanisms that could explain the connection between the two disorders. Through mediators such as IL-6 and TNF- α , vitamin D deficiency has been shown to promote insulin resistance and low-grade proinflammatory conditions. The endocrine function of adipose tissue is further reinforced by this pathophysiological change, which fuels the vicious cycle of inflammation, metabolic dysfunction, and abdominal obesity. Given that it allows for the discovery of preventive and therapeutic methods relevant to public health in Ecuador and Latin America, examining the relationship between vitamin D and MS is a priority in this context.

Keywords: Vitamin D, metabolic syndrome, supplementation, hypovitaminosis D

Artículo recibido 05 setiembre 2025

Aceptado para publicación: 10 octubre 2025



INTRODUCCIÓN

Debido a su estrecha relación con las enfermedades crónicas no transmisibles y su alta incidencia en la población adulta, la insuficiencia de vitamina D se ha convertido en uno de los problemas nutricionales más importantes del mundo (Mendes et al., 2023). Anteriormente asociada a enfermedades óseas como la osteomalacia y el raquitismo, ahora se conoce su impacto en la regulación inmunitaria, endocrina y metabólica, lo que la convierte en un nuevo factor en la fisiopatología de varias enfermedades, entre ellas la hipertensión arterial, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus tipo 2 y, sobre todo, el síndrome metabólico. Este último es un trastorno médico caracterizado por una confluencia de obesidad central, resistencia a la insulina, dislipidemia e hipertensión, todos los cuales aumentan el riesgo de problemas cardiovasculares y muerte prematura (Khademi et al., 2022).

A pesar de que Ecuador cuenta con una exposición solar abundante durante todo el año, las investigaciones han revelado que entre el 60 % y el 78 % de las personas padecen hipovitaminosis D. Además, entre el 30 % y el 45 % de las personas cumplen los criterios diagnósticos del síndrome metabólico. Ambos trastornos pueden tener una relación fisiopatológica, que aún no se ha investigado a fondo a nivel local, dada su coexistencia (Díaz et al., 2024; El Telégrafo, 2023). Sin explorar los mecanismos inflamatorios y endocrinos que podrían explicar su función como factor patogénico en el desarrollo del síndrome metabólico, la mayoría de las investigaciones se han centrado únicamente en el control de los niveles séricos de vitamina D. Por lo tanto, el análisis de la relación entre la insuficiencia de vitamina D y el síndrome metabólico es un área de estudio importante y vital.

El aumento de las enfermedades crónicas no transmisibles supone un importante problema de salud en Ecuador y América Latina, es fundamental abordar esta cuestión. Dado que la deficiencia de vitamina D es un factor controlable, puede utilizarse como herramienta estratégica para la identificación temprana de riesgos y la prevención. Al comprender su impacto en el desarrollo del síndrome metabólico, se podrían desarrollar políticas públicas que fomenten estilos de vida saludables, exámenes nutricionales y suplementos específicos para las poblaciones susceptibles, lo que ayudaría a reducir la carga de la enfermedad y los gastos relacionados con el sistema de salud.

Se ha demostrado que el tejido adiposo es un órgano endocrino activo que puede secretar citocinas inflamatorias y adipocinas, lo que respalda la teoría de Reaven de 1988 de que la resistencia a la insulina

es la causa principal del síndrome metabólico (Fahed et al., 2022). Según Holick, la vitamina D controla la secreción de insulina, la sensibilidad de los tejidos periféricos y la respuesta inmunológica a través de su metabolito activo 1,25-(OH)₂D₃. Al aumentar la expresión de mediadores como la IL-6, el TNF- α y la proteína C reactiva, la hipovitaminosis D puede contribuir a estados proinflamatorios de bajo grado, que son una característica del síndrome metabólico. Esta idea se ve respaldada por la interacción de estos procesos (Jones, 2022).

Según informes internacionales, el 77 % de los adultos brasileños presenta deficiencia de vitamina D, en comparación con el 28 % en México y el 27 % en Chile. Según estudios realizados a nivel local en Quito y Guayaquil, hasta el 46 % de las personas cumplen los criterios del síndrome metabólico, mientras que más del 76 % de los adultos padecen hipovitaminosis D (El Telégrafo, 2023). Estos resultados implican que factores conductuales como el sedentarismo, la mala alimentación y la rápida urbanización también influyen en la interacción entre ambas afecciones, y no solo la disponibilidad de radiación solar. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones ecuatorianas se centran en la prevalencia, en lugar de examinar a fondo las razones fisiopatológicas. Por lo tanto, este estudio busca combinar datos globales con un examen específico del contexto ecuatoriano, haciendo hincapié en los procesos inflamatorios y endocrinos como posibles causas del síndrome metabólico y la deficiencia de vitamina D.

La prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles como principal causa de muerte y carga de morbilidad en América Latina caracteriza el contexto en el que se lleva a cabo este estudio (Cruz, 2021). La diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares se encuentran entre las principales causas de muerte en Ecuador, lo que pone de relieve la importancia de identificar los factores de riesgo que pueden evitarse. La población es ahora más vulnerable como resultado del cambio cultural hacia estilos de vida sedentarios y urbanos y comidas altas en calorías y bajas en micronutrientes.

Como se ha indicado anteriormente, se plantea la hipótesis de que la deficiencia de vitamina D altera la sensibilidad a la insulina y favorece la disfunción metabólica a través de procesos inflamatorios y endocrinos, contribuyendo así al desarrollo del síndrome metabólico (Khademi et al., 2022). Por lo tanto, el objetivo general de este estudio es investigar la relación entre la deficiencia de vitamina D y el inicio del síndrome metabólico en adultos, mediante una revisión bibliográfica de los mecanismos



inflamatorios y endocrinos implicados, con el fin de aportar evidencia científica que respalde estrategias de prevención y control.

En conclusión, al proporcionar un análisis exhaustivo que explica los datos regionales y globales para comprender el papel de la vitamina D en el síndrome metabólico, con posibles implicaciones clínicas, sanitarias y sociales, este estudio pretende colmar una laguna de conocimiento en la comunidad científica local.

METODOLOGÍA

Utilizando una metodología cuantitativa, este estudio se llevó a cabo mediante investigación básica, observacional, descriptiva y documental. El diseño fue no experimental y transversal, basado en la revisión y el análisis de la literatura científica. El grupo analizado fue el de los adultos, y se prestó especial atención a las investigaciones que utilizaban poblaciones adultas con factores de riesgo para el desarrollo de síndrome metabólico, además de insuficiencia de vitamina D. Dado que este estudio era de naturaleza bibliográfica, no se empleó el muestreo probabilístico.

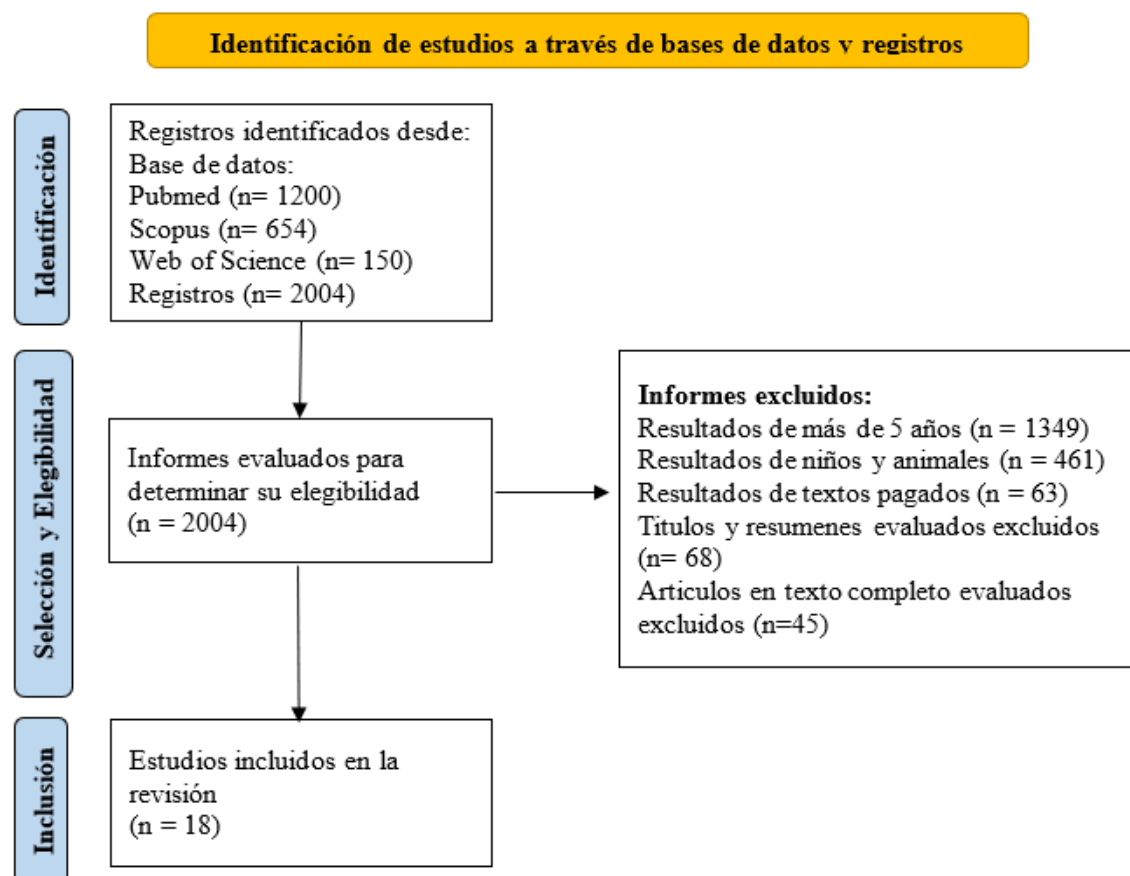
La técnica principal para la recopilación de datos fue una revisión metódica de la literatura académica. Se utilizó una tabla de análisis documental para comparar y resumir los estudios seleccionados. En esta tabla se incluyeron criterios como el autor, el año de publicación, la publicación, la dirección o el enlace a la publicación, el título del estudio, las palabras clave, el cuartil y el resumen.

La búsqueda de información se llevó a cabo utilizando los siguientes criterios de inclusión: artículos sobre personas mayores publicados entre 2020 y 2025, escritos en inglés o español, en los cuartiles Q1 o Q4 del Scimago Journal Rank, y que demostraran diseños metodológicos rigurosos (ensayos clínicos, revisiones sistemáticas o metaanálisis). Se excluyeron los estudios con acceso restringido al texto completo, los realizados fuera del período de tiempo especificado y los que no se referían al grupo objetivo. Se utilizaron operaciones booleanas (AND, OR, NOT) y descriptores estandarizados (DeCS y MeSH) para realizar búsquedas en bases de datos científicas como Web of Science, PubMed y Scopus. Para garantizar la legitimidad, transparencia y coherencia del procedimiento, se aplicó la técnica PRISMA durante el proceso de selección. Tras las fases de identificación, selección y elegibilidad, se incluyeron en el análisis final un total de 18 estudios.

Dado que se trataba de un estudio de investigación documental, no fue necesario tener en cuenta

consideraciones éticas relativas a la participación de seres humanos. Sin embargo, para garantizar el uso adecuado de materiales académicos de primera calidad, se respetaron las normas de rigor metodológico y relevancia científica.

Figura 1. Diagrama del proceso de inclusión de registros.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El síndrome metabólico (SM) surge de la interacción entre factores genéticos, ambientales y nutricionales, siendo la obesidad visceral el componente más representativo debido a su relación con la resistencia a la insulina y la inflamación sistémica. Las pruebas confirman que la predisposición genética, el sedentarismo, el estrés crónico, una dieta rica en carbohidratos refinados y grasas saturadas, junto con la edad avanzada, son factores determinantes clave en la aparición de esta afección (Faraji & Alizadeh, 2020; Melguizo et al., 2021).

En los últimos años, un descubrimiento significativo ha sido el reconocimiento de la deficiencia de vitamina D como factor de riesgo independiente. Investigaciones recientes indican que los niveles

séricos de 25(OH)D por debajo de 20 ng/mL se correlacionan con un aumento del 30-60 % en el riesgo de desarrollar SM, incluso teniendo en cuenta factores como la edad, el sexo o la actividad física (Chen et al., 2022). La hipótesis de una relación recíproca entre la deficiencia de vitaminas y la obesidad se ve reforzada por las evidencias aportadas por Melguizo et al. (2021) y Vigna et al. (2023), que indican que la hipovitaminosis D es más frecuente entre las personas con obesidad abdominal y exposición solar limitada (Melguizo et al., 2021; Vigna et al., 2023).

A nivel endocrino, la interacción de la vitamina D con su receptor nuclear (VDR) regula los genes implicados en la síntesis y secreción de insulina, el metabolismo energético y la función mitocondrial, en las células β pancreáticas. La reducción de la expresión del VDR compromete la secreción pancreática y disminuye la sensibilidad periférica a la insulina; en otras palabras, la deficiencia hormonal conduce a una mayor activación de las vías NF-KB, lo que da lugar al desarrollo de una respuesta proinflamatoria sistémica que contribuye al entorno patológico del síndrome metabólico (Riccio, 2024; Zago et al., 2023)

La hipovitaminosis D ha sido fuertemente vinculada a la vida moderna desde una perspectiva ambiental y socioeconómica, esto surge a raíz de la insuficiente exposición al sol por el trabajo en interiores, el uso frecuente de protectores solares y la contaminación atmosférica, se ha demostrado que los habitantes de zonas urbanas son más propensos a padecer este déficit (Vigna et al., 2023). Otros factores que influyen son la edad, el tipo de piel (la piel oscura inhibe los rayos UVB, lo que disminuye la síntesis cutánea de vitamina D) y las enfermedades crónicas de los riñones, el hígado o el tracto gastrointestinal que afectan a la forma en que se metaboliza y absorbe esta vitamina. Estos factores explican la prevalencia de la insuficiencia de vitamina D, especialmente en zonas con altos niveles de exposición al sol.

Por ejemplo, estudios recientes en Ecuador muestran que, a pesar de la exposición al sol durante todo el año, entre el 60 % y 78% de los adultos padecen hipovitaminosis D como consecuencia del sedentarismo, la vida urbana y los malos hábitos alimentarios. Además, entre el 30 % y el 45 % de las personas cumplen los criterios diagnósticos del síndrome metabólico (Díaz et al., 2024; El Telégrafo, 2023). De forma similar, se han documentado prevalencias que oscilan entre el 70% y el 92% en diversas partes de la India, lo que demuestra que la exposición a la luz solar por sí sola no asegura niveles



suficientes de vitamina D a menos que se combine con factores sociales y ambientales que promuevan su síntesis cutánea (Pathania et al., 2023).

A nivel fisiopatológico, la carencia de vitamina D agrava los cambios relacionados con el síndrome metabólico; dado que ya no modula el sistema inmunitario, la ausencia de esta hormona de señalización provoca resistencia a la insulina, disfunción endotelial e inflamación sistémica. Esto aumenta el estrés oxidativo y altera el metabolismo energético al permitir que las células inflamatorias y las citocinas sigan funcionando. Además, como la vitamina D interviene en la función de las células β pancreáticas, afecta directamente a la secreción de insulina y a la gestión de la glucemia (Argano et al., 2023; Faraji & Alizadeh, 2020; Melguizo et al., 2021).

Debido a que la vitamina D es liposoluble, el tejido adiposo es crucial para su secuestro. Este proceso reduce la biodisponibilidad sistémica y contribuye a la inflamación crónica de bajo grado, la resistencia a la insulina y la alteración de la secreción de adipocinas como la leptina y la adiponectina (Argano et al., 2023; Khademi et al., 2022).

La vitamina D se almacena en el tejido adiposo de los pacientes obesos, lo que disminuye su disponibilidad sistémica y restringe su conversión a sus formas activas en el hígado y los riñones (25(OH)D y 1,25(OH)₂D). Las investigaciones han demostrado que, independientemente del índice de masa corporal global, existe una relación inversa entre los niveles séricos de vitamina D y el perímetro de la cintura, lo que pone de relieve la importancia de la obesidad abdominal en este proceso. Además, se ha demostrado que la vitamina D promueve la muerte de los adipocitos y disminuye la acumulación de grasa al suprimir la expresión de los factores de transcripción adipogénicos. Los niveles bajos de vitamina D en individuos obesos inhiben esta función reguladora, haciendo que la grasa siga acumulándose y aumentando el riesgo de comorbilidades (Chen et al., 2022). Como resultado, se establece un círculo vicioso en el que la obesidad y la deficiencia de vitamina D se potencian mutuamente.

Numerosos autores han aportado pruebas de los procesos inflamatorios en juego. Además de tener un perfil de adipocinas alterado con adiponectina más baja y leptina más alta, se ha descubierto que los pacientes con SM con niveles de 25(OH)D <20 ng/mL tienen mayores niveles de TNF- α , IL-6 y PCR

ultrasensible (Khademi et al., 2022). Estas alteraciones promueven un estado inflamatorio crónico que disminuye la absorción de glucosa por el músculo y el tejido adiposo, manteniendo así la hiperglucemia y la hiperinsulinemia compensatoria.

El factor de transcripción NF- κ B se activa en un entorno inflamatorio, lo que conduce a un estado de estrés oxidativo prolongado, una disminución de las defensas antioxidantes y un aumento de la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS). A ello le siguen resistencia a la insulina, disfunción endotelial, hipertensión arterial, rigidez vascular y daño celular, todos ellos factores importantes en el desarrollo del síndrome metabólico.

En cuanto a la suplementación, los resultados de los ensayos clínicos han variado y a menudo son contradictorios, en algunos se observó una mejora parcial de la sensibilidad a la insulina tras la administración de vitamina D (Theik et al., 2021). Sin embargo, otros estudios no encontraron beneficios consistentes en relación con el control glucémico o la resistencia a la insulina, lo que indica la implicación de diversos factores intervinientes, como la dosis administrada, la forma de vitamina D utilizada, la duración del tratamiento y las características de la población estudiada.

Las recomendaciones de las organizaciones internacionales también reflejan estas diferencias, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone una ingesta mínima de 200 UI/día, mientras que el Comité Científico Asesor en Nutrición (SACN) del Reino Unido recomienda 400 UI/día. El Instituto de Medicina (IOM) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) aumentan este valor a 600 UI/día. Por otra parte, la Sociedad Endocrina recomienda dosis mucho más elevadas, que oscilan entre 1.500 y 2.000 UI/día para los adultos y llegan hasta 4.000-6.000 UI/día para las personas con obesidad, al tiempo que considera un límite de seguridad de hasta 10.000 UI/día (Giustina et al., 2024; Riccio, 2024).

Ante esta disparidad, la literatura actual indica que la suplementación moderada en el rango de 4000-5000 UI/día puede ofrecer un compromiso entre seguridad y eficacia, especialmente para grupos de alto riesgo como individuos obesos o ancianos con poca exposición al sol (Riccio, 2024). Este rango es comparable a la síntesis endógena prevista tras una exposición solar suficiente, además de situarse en torno al límite máximo de ingesta diaria segura de la Academia Nacional de Medicina. Sin embargo, la forma de administración sigue siendo objeto de debate, ya que las dosis diarias parecen ofrecer más

estabilidad y seguridad, mientras que las dosis altas intermitentes se cuestionan por sus posibles efectos secundarios. Esto pone de relieve la importancia de personalizar el régimen suplementario en función de las características clínicas y metabólicas únicas de cada paciente (Giustina et al., 2024).

En el ámbito clínico, la controversia en torno al tipo de vitamina D utilizado en los suplementos es muy pertinente. El metabolito activo de la vitamina D, el calcitriol, afecta directamente a la homeostasis del calcio y es muy beneficioso para las personas con enfermedades graves como el raquitismo ligado al cromosoma X, la insuficiencia renal avanzada o el hipoparatiroidismo. Su corta semivida, su dosificación frecuente y, lo que es más importante, el riesgo sustancial de hipercalcemia e hipercalciuria, que requieren una estrecha vigilancia, limitan su uso en la práctica poblacional (Ohyama & Shinki, 2025).

En comparación con el colesteciferol, el metabolito intermedio calcifediol (25-hidroxivitamina D) presenta importantes ventajas farmacocinéticas, como una absorción más rápida y una mayor biodisponibilidad. Estas características lo convierten en una opción terapéutica prometedora para las personas con enfermedades hepáticas que dificultan la conversión del colesteciferol, así como para los pacientes obesos, en los que la vitamina D tiende a almacenarse en el tejido adiposo. Sin embargo, su amplio uso se ve obstaculizado por su mayor coste, su limitada disponibilidad y la falta de grandes estudios longitudinales que evalúen su influencia en el síndrome metabólico (Giustina et al., 2024).

El colesteciferol, o vitamina D3, por su parte, es el tipo más utilizado en todo el mundo y cuenta con el respaldo epidemiológico y clínico más sólido. Su eficacia ha quedado demostrada en diversos contextos, tanto por su seguridad a largo plazo como por su capacidad para aumentar los niveles séricos de 25(OH)D de forma sostenible. Puede mantenerse en el tejido adiposo y liberarse gradualmente debido a su naturaleza liposoluble, lo que garantiza un perfil de acción más consistente. Es la alternativa preferida en los esfuerzos de prevención y tratamiento del síndrome metabólico, ya que también es la opción más asequible y de más fácil acceso (Pilz et al., 2020).

En conjunto, los hallazgos refuerzan la idea de que la insuficiencia de vitamina D es un componente patogénico activo que contribuye a los procesos metabólicos, endocrinos e inflamatorios relacionados con el síndrome metabólico y no un fenómeno secundario. Aunque la administración de suplementos parece un enfoque viable, aún quedan preguntas sin respuesta sobre la dosis, la frecuencia con la que

debe administrarse y qué tipo de vitamina D es mejor para cada grupo de población. Para garantizar un enfoque más preciso e individualizado, es imprescindible avanzar hacia estudios longitudinales y ensayos clínicos multicéntricos que permitan establecer protocolos diferenciados en función de la edad, el índice de masa corporal, la latitud geográfica, el estilo de vida y la presencia de comorbilidades.

CONCLUSIONES

La presente revisión permite concluir que la insuficiencia de vitamina D es un factor patogénico importante en el síndrome metabólico (SM). Afecta a mecanismos centrales como la resistencia a la insulina, la disfunción endotelial, la inflamación crónica de bajo grado y la modificación de las adipocinas, además del metabolismo óseo. Esta situación nos obliga a reconsiderar la función de la vitamina D en la patogénesis del síndrome metabólico, no como un marcador accesorio, sino como un modulador activo.

La alta prevalencia de hipovitaminosis D en poblaciones con altos niveles de radiación solar pone de manifiesto el predominio de factores ambientales y sociales desde un punto de vista epidemiológico. Factores más significativos que la exposición solar parecen ser la urbanización, el trabajo en interiores, el sedentarismo y la mala alimentación. En consecuencia, la deficiencia de vitamina D debe considerarse un problema de salud pública mundial que contribuye al aumento de la incidencia del síndrome metabólico e incrementa sus efectos negativos sobre la salud pública global en regiones como Latinoamérica y Asia.

Desde una perspectiva fisiopatológica, los niveles bajos de vitamina D aumentan el riesgo de diabetes de tipo 2 y enfermedades cardiovasculares al favorecer el estrés oxidativo, la resistencia a la insulina y la sobreproducción de citocinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6). En este sentido, la vitamina D no debe considerarse un factor secundario, sino un modulador crucial de la homeostasis metabólica.

La administración de suplementos de vitamina D se está convirtiendo en una estrategia viable en el contexto clínico para mejorar la sensibilidad a la insulina, reducir la inflamación y optimizar el perfil metabólico. No obstante, sigue habiendo desacuerdo entre los datos sobre la mejor forma de vitamina D, la dosis y la frecuencia de administración. Esta situación pone de evidencia la necesidad de procedimientos personalizados que se creen en función de factores como la edad, el índice de masa corporal, la latitud geográfica o la existencia de comorbilidades.



Una dieta equilibrada, ejercicio constante y suficiente exposición al sol, son otras modificaciones del estilo de vida que deben combinarse con los suplementos. Esta combinación reduce la inflamación sistémica, mejora los perfiles lipídicos y aumenta la sensibilidad a la insulina, beneficios que son especialmente importantes para los grupos vulnerables, como las personas con diabetes de tipo 2, obesidad o hipertensión.

La investigación futura se guiará en interrogantes tales como el efecto de la suplementación a largo plazo en relación con la mortalidad cardiovascular y metabólica; cómo difieren el colecalciferol, el calcifediol y el calcitriol en pacientes con obesidad o enfermedades crónicas; y cómo influyen los factores genéticos y socioeconómicos en la manifestación clínica del síndrome metabólico. Abordar estos vacíos mediante estudios longitudinales multicéntricos permitirá consolidar la evidencia y traducirla en recomendaciones clínicas y políticas más consistentes.

La vitamina D debe ser reconocida como un componente clave en la terapia y prevención del síndrome metabólico. Para reducir la carga de enfermedades crónicas no transmisibles y mejorar la calidad de vida de las poblaciones vulnerables, es crucial integrar su diagnóstico y tratamiento con políticas de salud pública y el fomento de estilos de vida saludables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argano, C., Mirarchi, L., Amodeo, S., Orlando, V., Torres, A., & Corrao, S. (2023). The Role of Vitamin D and Its Molecular Bases in Insulin Resistance, Diabetes, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Disease: State of the Art. *International Journal of Molecular Sciences* 2023, Vol. 24, Page 15485, 24(20), 15485. <https://doi.org/10.3390/IJMS242015485>
- Chen, Y. C., Li, W. C., Ke, P. H., Chen, I. C., Yu, W., Huang, H. Y., Xiong, X. J., & Chen, J. Y. (2022). Association between metabolic body composition status and vitamin D deficiency: A cross-sectional study. *Frontiers in Nutrition*, 9, 940183. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.940183/BIBTEX>
- Cruz, F. J. (2021). Factores de riesgo y síndrome metabólico. *Psic-Obesidad*, 11(44), 27–35. <https://doi.org/10.22201/FESZ.20075502E.2021.11.44.84419>



- Díaz, P., Cadena, M., Montalván, M. E., Garrochamba, K., Calderón, P., Carrión, G., & Santana, S. (2024). Hypovitaminosis D in university workers in Southern Ecuador: interactions between gender and lifestyle. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1482910>
- El Telégrafo. (2023, September 10). *El 78% de los ecuatorianos tienen déficit de Vitamina D*. El Telégrafo. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/nacionales/44/ecuatorianos-deficit-vitamina-d>
- Fahed, G., Aoun, L., Zerdan, M. B., Allam, S., Zerdan, M. B., Bouferraa, Y., & Assi, H. I. (2022). Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *International Journal of Molecular Sciences* 2022, Vol. 23, Page 786, 23(2), 786. <https://doi.org/10.3390/IJMS23020786>
- Faraji, S., & Alizadeh, M. (2020). Mechanistic Effects of Vitamin D Supplementation on Metabolic Syndrome Components in Patients with or without Vitamin D Deficiency. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 29(4), 270–280. <https://doi.org/10.7570/JOMES20003>
- Giustina, A., Bilezikian, J. P., Adler, R. A., Banfi, G., Bikle, D. D., Binkley, N. C., Bollerslev, J., Bouillon, R., Brandi, M. L., Casanueva, F. F., di Filippo, L., Donini, L. M., Ebeling, P. R., Fuleihan, G. E.-H., Fassio, A., Frara, S., Jones, G., Marcocci, C., Martineau, A. R., ... Virtanen, J. K. (2024). Consensus Statement on Vitamin D Status Assessment and Supplementation: Whys, Whens, and Hows. *Endocrine Reviews*, 45(5), 625–654. <https://doi.org/10.1210/ENDREV/BNAE009>
- Jones, G. (2022). 100 Years of vitamin D - Historical aspects of vitamin D. *Endocrine Connections*, 11(4). <https://doi.org/10.1530/EC-21-0594>
- Khademi, Z., Hamed-Shahraki, S., & Amirkhizi, F. (2022). Vitamin D insufficiency is associated with inflammation and deregulation of adipokines in patients with metabolic syndrome. *BMC Endocrine Disorders*, 22(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S12902-022-01141-0/TABLES/3>
- Melguizo, L., Costela, V. J., García, E., De Luna, E., Ruiz, C., & Illescas, R. (2021). Role of vitamin d in the metabolic syndrome. *Nutrients*, 13(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu13030830>



- Mendes, M. M., Gomes, A. P. O., Araújo, M. M., Coelho, A. S. G., Carvalho, K. M. B., & Botelho, P. B. (2023). Prevalence of vitamin D deficiency in South America: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 81(10), 1290–1309. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad010>
- Ohyama, Y., & Shinki, T. (2025). Calcitriol. *Handbook of Hormones: Comparative Endocrinology for Basic and Clinical Research*, 548,e97A-1-550,e97A-5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801028-0.00236-1>
- Pathania, M., Dhar, M., Kumar, A., Saha, S., & Malhotra, R. (2023). Association of Vitamin D Status With Metabolic Syndrome and Its Individual Risk Factors: A Cross-Sectional Study. *Cureus*, 15. <https://doi.org/10.7759/cureus.38344>
- Pilz, S., Zittermann, A., Trummer, C., Theiler-Schwetz, V., Lerchbaum, E., Keppel, M. H., Grübler, M. R., März, W., & Pandis, M. (2020). Vitamin D testing and treatment: a narrative review of current evidence. *Endocrine Connections*, 8(2), R27. <https://doi.org/10.1530/EC-18-0432>
- Riccio, P. (2024). Vitamin D, the Sunshine Molecule That Makes Us Strong: What Does Its Current Global Deficiency Imply? *Nutrients* 2024, Vol. 16, Page 2015, 16(13), 2015. <https://doi.org/10.3390/NU16132015>
- Theik, N. W. Y., Raji, O. E., Shenwai, P., Shah, R., Kalluri, S. R., Bhutta, T. H., Hannoodee, H., Al Khalili, M., & Khan, S. (2021). Relationship and Effects of Vitamin D on Metabolic Syndrome: A Systematic Review. *Cureus*, 13(8). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.17419>
- Vigna, L., Speciani, M. C., Tirelli, A. S., Bravi, F., La Vecchia, C., Conte, C., & Gori, F. (2023). Vitamin D and Metabolic Syndrome in Working Age Subjects from an Obesity Clinic. *Nutrients* 2023, Vol. 15, Page 4354, 15(20), 4354. <https://doi.org/10.3390/NU15204354>
- Zago, L., Zugasti, B., Fernández, J., Zuleta, A., & De La Plaza, M. (2023). Vitamina D en la prevención y evolución de la diabetes mellitus vitamin d in the prevention and evolution of diabetes mellitus. *Actualización En Nutrición*, 24(3), 205–214. <https://doi.org/10.48061/SAN.2022.24.3.205>

